
TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Studijní program: N2612 Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: Mechatronika

Software pro zobrazení signálů ze zvukových karet

Software for displaying signals from soundcards

Diplomová práce

Autor:

Bc. Jiří Křištof

Vedoucí práce:

Ing. Miroslav Holada, Ph.D.

V Liberci 11. 5. 2013

Zadani

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce.

Datum

Podpis

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé práce Ing. Miroslavu Holadovi, Ph.D za odborné rady a čas, který mi věnoval při konzultacích.

Abstrakt

Cílem této práce je prozkoumat možnosti alternativního využití standardní zvukové karty. Hlavní oblastí bude zobrazování elektrických signálů. K tomuto účelu zkoumání poslouží aplikace, která bude fungovat jako jednoduchý osciloskop a generátor funkcí využívající právě zvukové karty. Velkou částí této práce je tedy vývoj takové aplikace. Součástí je také popis dostupných osciloskopů a jejich porovnání. Dále je zde popsán způsob záznamu a přehrávání zvuků v operačním systému MS Windows. V závěru práce jsou uvedeny výsledky testování vytvořeného osciloskopu na různých úlohách. Práce obsahuje zhodnocení použitelnosti osciloskopu a jeho dosažených parametrů.

Klíčová slova: osciloskop, zvuková karta, záznam zvuku, přehrávání zvuku, osciloskop ze zvukové karty.

Abstract

This diploma thesis's purpose is to explore possibilities of alternative usage of standard sound card. Main part is about displaying electrical signals. For this purpose there will be made an application working like simple oscilloscope and signal generator using sound card. Developing this application is the biggest part of this thesis. It also compares oscilloscopes on present market. At next there is described a way of recording and playing sounds in operating system MS Windows. At the end of this thesis there are results of testing the made oscilloscope on various exercises. And there is also evaluated the useability of this oscilloscope and its parameters.

Keywords: oscilloscope, sound card, recording sounds, playing sounds, sound card oscilloscope.

Obsah

| | |
|---|----|
| Úvod..... | 9 |
| 1 Osciloskopy..... | 11 |
| 1.1 Analogové osciloskopy..... | 11 |
| 1.2 Digitální osciloskopy | 12 |
| 1.2.1 Bateriové osciloskopy | 12 |
| 1.2.2 Laboratorní osciloskopy | 13 |
| 1.2.3 USB modulární osciloskopy | 13 |
| 1.3 Osciloskopy ze zvukové karty | 14 |
| 1.3.1 Dostupné osciloskopy ze zvukové karty..... | 14 |
| 2 Zvuková karta..... | 16 |
| 2.1 Moderní zvukové karty a jejich parametry | 16 |
| 3 Vývoj osciloskopu ze zvukové karty | 18 |
| 3.1 Popis vytvořené aplikace | 18 |
| 3.1.1 Osciloskop | 19 |
| 3.1.2 Generátor funkcí | 21 |
| 3.1.3 Frekvenční analyzér | 22 |
| 3.1.4 Korelace | 24 |
| 3.1.5 Záznam frekvence – DC měření | 25 |
| 3.1.6 LAN – propojení více aplikací..... | 27 |
| 3.1.7 Nastavení | 28 |
| 3.2 Kalibrování osciloskopu | 29 |
| 3.3 Měřicí přípravek se vstupním děličem a U/f převodníkem | 29 |
| 3.3.1 Popis měřicího přípravku..... | 29 |
| 3.3.2 Postup při konstrukci pasivního děliče s impedančním oddělením..... | 30 |
| 3.3.3 Konstrukce U/f převodníku | 31 |
| 3.3.4 Měření přesnosti převodníku | 32 |
| 4 Testování osciloskopu..... | 33 |
| 4.1 Síťová komunikace..... | 33 |

| | | |
|-----|---|----|
| 4.2 | Měření frekvenční charakteristiky | 35 |
| 4.3 | Měření vybíjení akumulátoru | 37 |
| | Závěr | 39 |
| | Seznam použité literatury | 40 |
| | Příloha A – Přiložené CD | 41 |
| | Příloha B – Schéma přípravku | 42 |

Seznam obrázků

| | | |
|-------|---|----|
| 1.1 | Analogový osciloskop Metrix OX 863B [1] | 11 |
| 1.2 | Agilent U1620A [2] | 12 |
| 1.3 | Digitální osciloskop Agilent DSO1052B [3] | 13 |
| 1.4 | Agilent Infinium MSO9404A [3] | 13 |
| 1.5 | Agilent U2702A [4] | 14 |
| 2.2 | ASUS Xonar HDAV1.3 Deluxe [6] | 16 |
| 2.3 | SWEEX SC012 5.1 interní [5] | 16 |
| 3.1: | Osciloskop | 18 |
| 3.2 | Ovládání osciloskopu | 19 |
| 3.3 | Ovládání osciloskopu | 20 |
| 3.4 | Generátor funkcí | 21 |
| 3.5 | Generátor DTMF | 21 |
| 3.6: | Frekvenční analyzátor | 22 |
| 3.7 | Výpočet korelace | 24 |
| 3.8 | Měření stejnosměrných signálů | 26 |
| 3.9 | Síťová komunikace osciloskopu - klient | 27 |
| 3.10 | Síťová komunikace osciloskopu - server | 27 |
| 3.11: | Nastavení | 28 |
| 3.12: | Měřicí přípravek | 30 |
| 3.13 | Dělič napětí | 30 |
| 3.14 | U/f převodník s externím integrátozem | 31 |

| | |
|---|----|
| 3.15 Měření chyby převodníku | 32 |
| 3.16 Měření chyby převodníku | 32 |
| 4.1 Znázornění topologie zasít'ování počítačů | 33 |
| 4.2 Měření zpoždění zvuku | 34 |
| 4.4 Vypočítaný přenos integračního článku..... | 35 |
| 4.3 Integrační RC článek..... | 35 |
| 4.5 Harmonicky vázané sinusové průběhy | 36 |
| 4.6 Filtrované harmonicky vázané sinusové průběh..... | 36 |
| 4.7 Schéma měřeného obvodu | 37 |
| 4.8 Měření napětí akumulátoru | 38 |

Úvod

Osciloskop je nepostradatelným nástrojem pro mnoho lidí zabývajících se elektronikou. Je to přístroj pro zobrazení průběhu elektrických veličin v čase. Bez něj by si svou práci nedokázal představit žádný konstruktér či opravář elektronických zařízení. Tato skupina lidí, která se prací s elektronikou živí, si s největší pravděpodobností koupí jeden z mnoha nabízených moderních digitálních osciloskopů. Jejich cena se pohybuje od desíti tisíc korun za ty jednodušší až po stovky tisíc za ty nejmodernější se špičkovými parametry a spoustou funkcí. Pro lidi, kteří nejsou ochotni za osciloskop zaplatit tolik peněz, může být vhodnou alternativou externí osciloskop k počítači. Takovéto zařízení obsahuje pouze analogově digitální převodník a komunikační rozhraní, většinou USB, a o zpracování a zobrazení signálu se už stará počítač. Cena takového zařízení se pohybuje zhruba od tří do dvaceti tisíc podle jeho parametrů.

Osciloskop ale může být velmi užitečný i lidem, kteří se touto prací neživí. Určitě by se našli domácí kutilové nebo děti navštěvující elektrikářský kroužek, pro které by bylo zajímavé a užitečné si průběh signálu zobrazit, ale nechtějí za takový přístroj zbytečně utrácet poměrně velkou částku peněz. Pro takovéto amatérské využití se nabízí využít zvukovou kartu, která vlastně bude nahrazovat externí osciloskop. Zvuková karta stejně jako externí osciloskop obsahuje jako svou hlavní část analogově digitální převodník. Jeho parametry ale budou pochopitelně velmi odlišné od toho, který je použit v osciloskopu. Obyčejná zvuková karta lze pořídit i za dvě stě korun, což už svědčí o tom, že co se parametrů týče, nebude moci laboratorním osciloskopům konkurovat. Takovéto řešení bude mít zajisté i spoustu omezení, ale osobní počítač dnes vlastní téměř každý a takovéto řešení by nestálo vůbec nic, protože zvuková karta je zpravidla jeho součástí. Hlavním omezením bude zajisté frekvenční rozsah, který bude odpovídat pro člověka slyšitelným zvukům, tedy zhruba 16 Hz až 20 kHz. Pro spoustu aplikací ale určitě i přes toto velké omezení osciloskop ze zvukové karty postačí a bude velmi užitečný. Na druhou stranu bude takové řešení mít i nějaké výhody oproti klasickým osciloskopům. Například je velmi snadné ho doplnit o funkční generátor signálu.

Aplikace je vyvíjena ve vývojovém prostředí Microsoft Visual Studio 2008. Cílem této práce je vytvořit software, který bude pracovat se zvukovou kartou a zobrazovat průběh signálu na jejím vstupu. Snahou bude co nejlépe nahradit běžný

osciloskop. Práce bude vycházet z mé bakalářské práce, ve které už byl podobný software zrealizován, ale obsahoval pouze základní funkce. Výsledný software by měl být obohacen o řadu užitečných funkcí. Například možností propojení několika osciloskopů do sítě, čímž lze zvýšit počet měřících kanálů. Součástí bude i výroba jednoduchého převodníku napětí na frekvenci, který umožní měření stejnosměrných signálů, což konstrukce samotné zvukové karty neumožňuje. Jistě se najde prostor i pro vylepšení některých původních funkcí. Dalším úkolem bude osciloskop vyzkoušet na několika praktických úlohách a určit jeho reálné možnosti využití a přesnost, s kterou lze měřit.

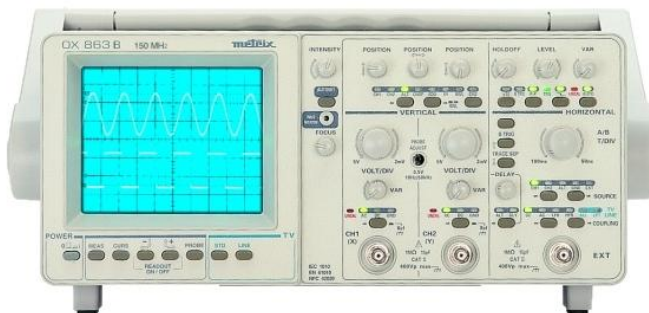
1 Osciloskopy

Osciloskop je zařízení, které slouží k zobrazení průběhu elektrického signálu v čase. Nejčastěji bývají dvoukanálové. Umožňují tedy současné zobrazení dvou signálů v časové oblasti nebo zobrazení závislosti jednoho signálu na druhém. V druhém případě jde o takzvaný režim X-Y. Osciloskopy můžeme rozdělit do dvou hlavních skupin a to jsou osciloskopy analogové a osciloskopy digitální.

1.1 Analogové osciloskopy

Analogový osciloskop využívá k zobrazení obrazovku tvořenou Braunovou vakuovou elektronkou s elektrostatickým vychylováním elektronového paprsku. Paprsek dopadá na obrazovku, na které je vrstva luminoforu. Luminofor se po dopadu paprsku rozsvítí a tím vzniká obraz. Horizontálně je paprsek vychylován signálem z časové základny, což je pilový průběh, který je spouštěn (začíná) vždy ve stejném bodě periodického signálu přivedeného na vstup. Vertikálně je paprsek vychylován samotným zkoumaným signálem přivedeným na vstup osciloskopu. Tím je docíleno, že je zobrazen čitelný průběh signálu v čase.

Frekvenční rozsah běžných analogových osciloskopů se pohybuje od 40 MHz do 150 MHz podle jeho ceny. Napěťový rozsah lze měnit použitím různých sond, běžně bývá až stovky voltů. Stínítko je z pravidla rozděleno na deset krát deset dílků. Napěťové rozsahy je možné zvolit od 1 mV na dílek až po desítky voltů na dílek. Měřítka



1.1 Analogový osciloskop Metrix OX 863B [1]

zobrazeného časového úseku lze měnit od 50 μ s na dílek až po stovky ms na dílek. Uvedené parametry odpovídají běžně dostupným osciloskopům. Analogové osciloskopy se stále prodávají za cenu podobnou nejlevnějším digitálním osciloskopům, což je mezi deseti a dvaceti tisíci Korunami českými. Digitální osciloskopy ale ty analogové postupně nahrazují zejména kvůli množství funkcí, které oproti analogovým osciloskopům nabízejí.

1.2 Digitální osciloskopy

V této části rešerše se budu věnovat aktuálně dostupným digitálním osciloskopům a jejich parametrům. Informace jsou čerpány z internetových stránek www.htest.cz. To jsou stránky předního distributora měřicí techniky, kterým je firma H TEST a.s.

Digitální osciloskopy se rozdělují na tři hlavní skupiny. Jsou jimi bateriové osciloskopy, laboratorní osciloskopy a USB osciloskopy.

1.2.1 Bateriové osciloskopy

Tyto osciloskopy svým vzhledem a konstrukcí připomínají běžné multimetry. Jsou zpravidla dvoukanálové a šířka pásma se pohybuje podle ceny od 20 MHz do 200 MHz. Cena se pohybuje od 30 000 Kč výše. Jedním z nejlepších osciloskopů z této kategorie je Agilent U1620A za cenu 89 000 Kč. Má šířku pásma 200 MHz, vzorkovací frekvenci 2 GSa/s, paměť na dva milióny vzorků, 5,7“ barevný VGA displej. Kromě běžných funkcí obsahuje funkce automatického měření, frekvenční analyzátor nebo možnost spouštění pomocí sběrnice CAN. Baterie vydrží 3 hodiny měření na jedno nabití.



1.2 Agilent U1620A [2]

1.2.2 Laboratorní osciloskopy

Laboratorní osciloskopy jsou dnes zřejmě nejpoužívanějším typem osciloskopů. Cena se pohybuje od 15 000 Kč za ty nejobyčejnější až po statisíce korun za ty nejvýkonnější. Jedním levným zástupcem je Agilent DSO1052B. Má dva kanály, šířku pásma 50 MHz, vzorkovací frekvenci 1 GSa/s pro jeden kanál nebo 500 MSa/s pro oba kanály. Paměť má na 16 000 vzorků. I tento levný osciloskop už obsahuje funkce pro výpočet FFT. Dále umožňuje ukládat data na USB paměť nebo tisknout přímo na tiskárnu připojenou přes USB.



1.4 Digitální osciloskop Agilent DSO1052B [3]



1.3 Agilent Infinium MSO9404A [3]

Mezi nejvýkonnější se řadí například přístroj Agilent Infinium MSO9404A. Nabízí šířku pásma 4 GHz, 4 analogové kanály a 16 logických. Vzorkovací frekvence je 20 GSa/s pro dva kanály nebo 10 GSa/s pro čtyři kanály. Paměť má na 20 milionů vzorků. Displej má rozměr 15“. Mezi nadstandardní funkce patří protokolový analyzátor pro dekódování sériových protokolů, jako jsou I²C, SPI, RS-232, CAN nebo FlexRay.

1.2.3 USB modulární osciloskopy

Tyto osciloskopy nemohou měřit samostatně, ale ke své funkci vyžadují počítač s nainstalovaným ovládacím softwarem. Samotný osciloskop totiž neobsahuje displej ani ovládací prvky. Nabízejí se jak samostatné osciloskopy, tak osciloskopy modulární. Nejlevnější, které se dají pořídit i pod cenu šesti tisíc korun, mají vzorkovací frekvenci do sta MHz, osmibitové rozlišení a dva kanály.

Mezi modulární a výkonnější USB osciloskopy patří například Agilent U2702A. Má šířku pásma 200 MHz, vzorkovací frekvenci 1 GSa/s a paměť na 32 000 vzorků a dva kanály. Lze ho používat jako samostatný modul nebo v rámci přístrojového šasi, které lze osadit až



1.5 Agilent U2702A [4]

šesti moduly. Velkou výhodou tohoto řešení je kompatibilita s vývojovými prostředími jako je Agilent VEE nebo NI LabVIEW. Cena jednoho modulu je asi 35 000 Kč.

1.3 Osciloskopy ze zvukové karty

Tento druh osciloskopů využívá k měření signálů AD převodníků zvukové karty. Frekvenční rozsah tedy odpovídá frekvencím pro člověka slyšitelných zvuků, což je zhruba 15 Hz až 20 kHz. Problémem tohoto řešení je napěťový rozsah. Vstup zvukové karty je stavěn na audiosignály o úrovni 0 dB, což zhruba odpovídá rozsahu napětí -1 V až 1 V. Vzhledem k poměrně nízké vstupní impedanci zvukové karty, která se pohybuje v řádu desítek k Ω , je vhodné použít i impedanční oddělení, aby nedocházelo k ovlivnění měřeného obvodu.

Tento druh osciloskopů ale rozhodně není určen pro profesionální použití, ale spíše pro občasné a orientační zobrazení signálu. Nejčastěji ho asi využijí děti navštěvující elektronické kroužky nebo domácí kutilové, kteří nechtějí investovat tisíce korun do plnohodnotného osciloskopu.

1.3.1 Dostupné osciloskopy ze zvukové karty

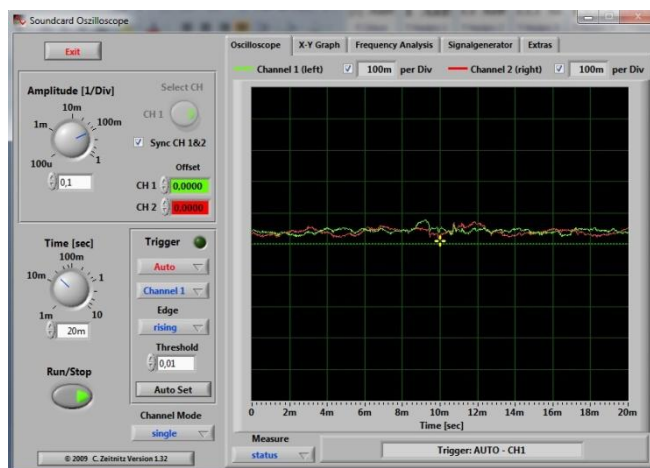
Za dva roky od psaní mé bakalářské práce se na trhu neobjevil žádný nový software. Stále není k sehnání žádný software, ke kterému by byl zveřejněn zdrojový kód, a bylo ji možné upravovat a dále vylepšovat.

Jako nejpovedenější pro soukromé a vzdělávací účely zdarma dostupnou aplikaci stále považuji **SOUNDCARD SCOPE** (http://www.zeitnitz.de/Christian/scope_en). Aplikace je velmi povedená po grafické stránce, vypadá a ovládá se jako běžný analogový osciloskop. Je zobrazena na obrázku

1.6. Nevýhodou této aplikace je, že neumožňuje zobrazit signál v reálném napěťovém měřítku. Signál je zobrazován pouze v relativním rozmezí od mínus jedné do jedné.

Ani mezi placenými softwary, které pracují jako osciloskop ze zvukové karty, se neobjevil žádný nový. Například osciloskop a signální generátor,

který prodává Ing. Boleslav Vraný na svých stránkách www.bolekvraný.cz se prodává za dvě stě korun. Software je určen hlavně pro využití dětmi v elektronických kroužcích. Osciloskop umožňuje zobrazit dva kanály. Lze nastavit, jakému reálnému napětí odpovídá maximální vstupní hodnota, čímž je možné nastavit, aby byl signál zobrazen v reálném měřítku.



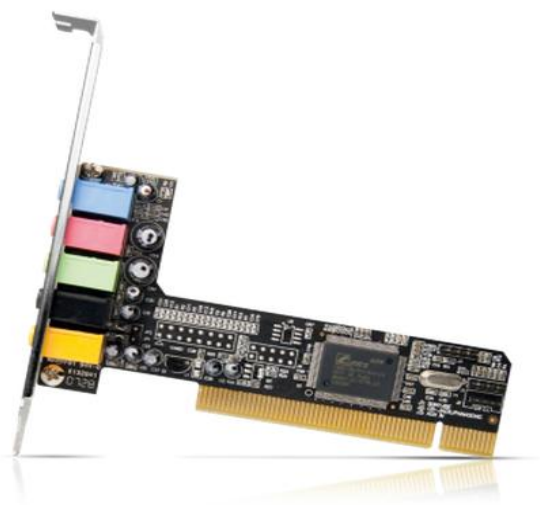
1.7 SOUNDCARD SCOPE

2 Zvuková karta

2.1 Moderní zvukové karty a jejich parametry

Pro dnešní počítače je zvuková karta samozřejmostí. Může být i integrovaná přímo v základní desce počítače z důvodu úspory místa. Nejobyčejnější integrované zvukové karty mají dnes maximální vzorkovací frekvenci 96 kHz a rozlišení 16 bitů na vzorek, což bez problému dostačuje k přehrávání a záznamu v CD-kvalitě, která má vzorkovací frekvenci 44,1 kHz a rozlišení 16 bitů na vzorek.

Nové nejlevnější interní zvukové karty, které se dají pořídit už za cenu tří set korun, mají většinou maximální vzorkovací frekvenci 96 kHz a rozlišení 24 bitů na vzorek. I tyto nejlevnější zvukové karty už dnes bývají šesti kanálové, což znamená, že mají výstup pro šest reproduktorů. Jedna taková karta je na obrázku 2.1.



2.3 SWEEX SC012 5.1 interní [5]

Nejkvalitnější zvukové karty, které se prodávají za cenu okolo pěti tisíc korun, mají potom maximální vzorkovací frekvenci až 192kHz a



2.2 ASUS Xonar HDAV1.3 Deluxe [6]

rozlišení až 32 bitů na vzorek. Jejich výstup bývá až pro osm kanálů. V poslední době se u zvukových karet také začínají zavádět optické vstupy a výstupy. Jejich výhodou je, že optické vedení není rušeno elektromagnetickým zářením. Na obrázku 2.4 je jedna z nejkvalitnějších interních zvukových karet s osmikanálovým výstupem.

Interní zvukové karty se připojují do sběrnice PCI základní desky počítače. Prodávají se i externí zvukové karty, které se k počítači připojují přes sériové rozhraní USB. Jejich parametry jsou opět závislé na jejich ceně a poměr cena k výkonu je téměř stejná jako u karet interních.

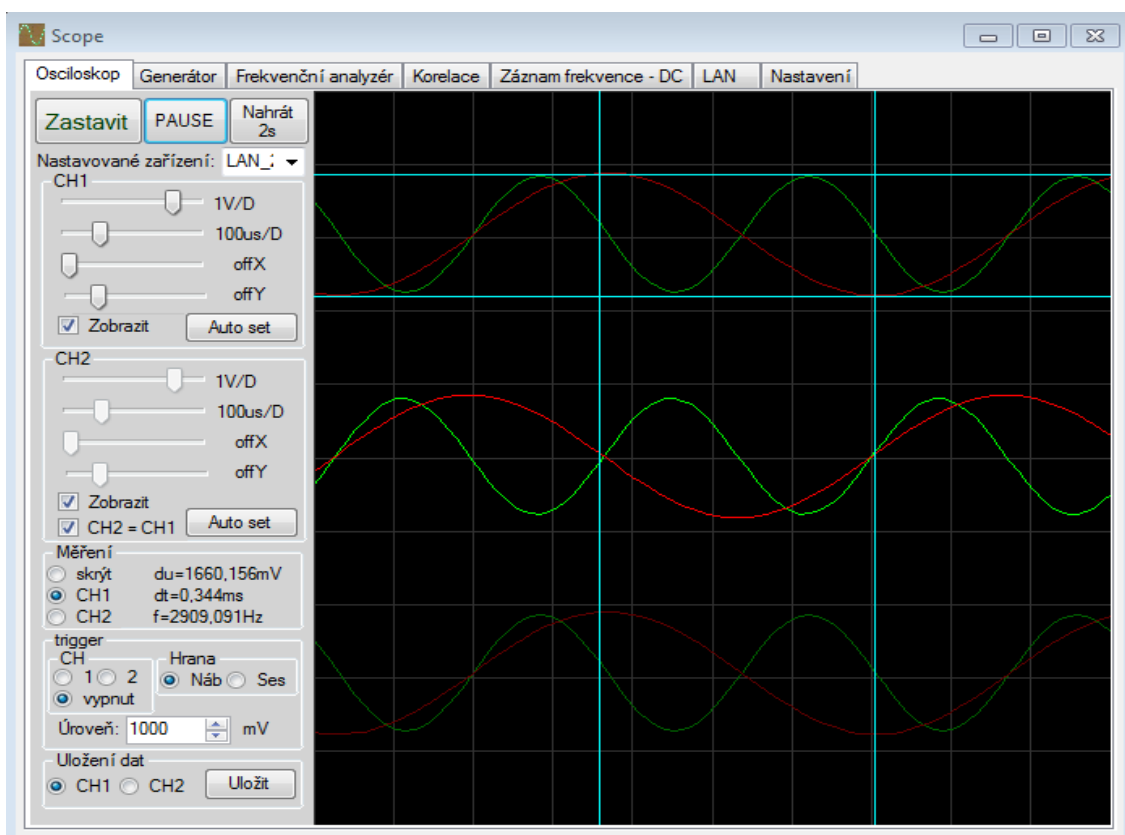
Zvukové karty mají vstupní filtr, který propouští pouze frekvence odpovídající slyšitelnému zvuku. Filtr se chová jako dolní propust s mezní frekvencí 20 kHz, což je hlavním omezujícím parametrem pro vytvářený osciloskop.

3 Vývoj osciloskopu ze zvukové karty

Hlavní částí této práce bylo rozšířit software, který využívá zvukovou kartu a funguje jako jednoduchý osciloskop. Výchozí software obsahoval pouze nejzákladnější funkce pro zobrazení zaznamenaného signálu a jednoduchý generátor sinusového průběhu. Úpravou prošly téměř všechny části původní aplikace. Hlavním rozšířením je možnost propojení více počítačů s touto aplikací do sítě a dosažení více měřících kanálů. Dalším je umožnění měření stejnosměrných signálů pomocí vytvořeného U/f převodníku nebo možnost výpočtu korelace jednotlivých kanálů. Tento software bude na závěr odzkoušen a bude zjištěno, jaké přesnosti lze u tohoto osciloskopu dosáhnout. Zdrojem informací pro to, jaké funkce moderní digitální osciloskopy obsahují, mi byla kniha Osciloskopy a jejich použití [7].

3.1 Popis vytvořené aplikace

Aplikace je vytvořena ve vývojovém prostředí MS Visual Studio 2008 a psána jazykem C++/CLI. Hlavním zdrojem informací pro vývoj této aplikace byl



3.1 Osciloskop

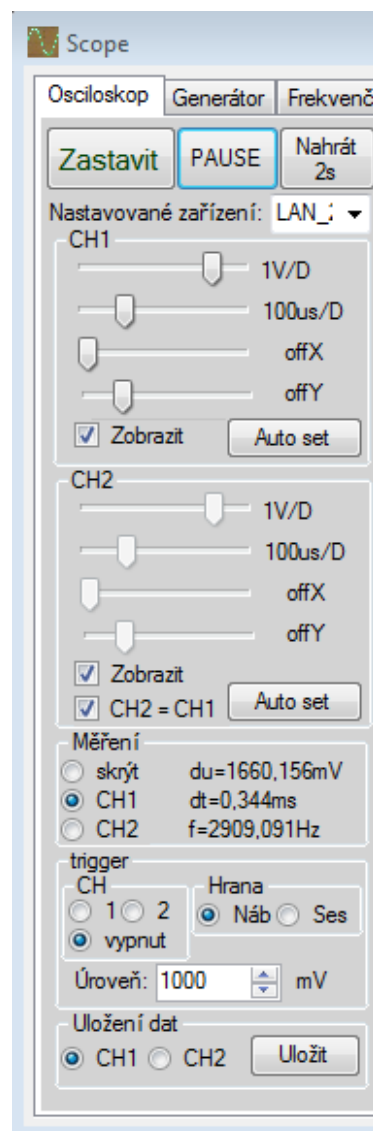
web MSDN [8]. Aplikace je rozdělena na sedm částí. Každá část je umístěna v samostatné záložce. Jednotlivými částmi jsou osciloskop, generátor funkcí, frekvenční analyzátor, korelace, záznam frekvence - DC měření, LAN a záložka pro nastavení.

3.1.1 Osciloskop

Osciloskop zaznamenává vstupní signál v nekomprimovaném formátu PCM audio stereofonně s rozlišením 16bitů a vzorkovací frekvencí 44,1 kHz, 48 kHz nebo 96 kHz. Displej osciloskopu je umístěn v pravé části okna a je rozdělen na 10 x 10 dílků. V levé části okna jsou ovládací prvky osciloskopu. Hlavními ovládacími prvky jsou tři tlačítka. První pro spuštění a vypnutí osciloskopu. Druhé pro pozastavení zobrazování, čímž se nepřerušuje samotný záznam, ale pouze vykreslování průběhu. Třetí tlačítko slouží pro automatické vypnutí osciloskopu 2 sekundy po překročení nastavené úrovně signálu. Této funkce lze vhodně využít například pro zobrazení sériové komunikace. Osciloskop se sám zastaví dvě sekundy po detekci počátku přenosu dat a v paměti zůstane zaznamenaný průběh.

Další ovládací prvky jsou rozděleny do pěti skupin. První skupina je pro nastavení zobrazení prvního kanálu a druhá pro nastavení zobrazení druhého kanálu. Těmito ovládacími prvky lze nastavit čtyři parametry. Prvním je měřítko napětí od 10 μ V/dílek do 10 V/dílek a druhým měřítko času od 10 μ s/dílek do 100 ms/dílek. Dále lze nastavit posun signálu ve svislém směru (napěťový offset) a posun v čase, kde se lze pohybovat v celé paměti osciloskopu, která obsahuje 2 s signálu. Pro usnadnění správného nastavení zobrazení zde bylo vytvořeno tlačítko pro automatické nastavení „Auto set“. Po jeho stisknutí si software sám odměří amplitudu a periodu vstupního signálu a podle toho nastaví časové a napěťové měřítko.

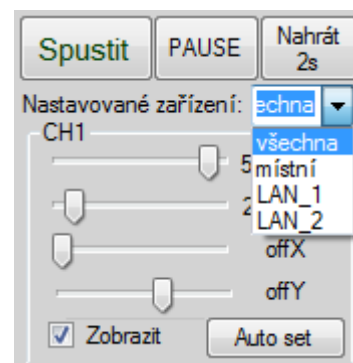
Třetí skupina ovládacích prvků je pro ovládání



3.2 Ovládání osciloskopu

měřících kurzorů. Jsou zde na výběr tři přepínače. Skrytí kurzorů, měření prvního kanálu nebo měření druhého kanálu. Kurzory se umísťují kliknutím na příslušné místo na displeji. Vedle ovládacích přepínačů jsou uvedeny naměřené hodnoty a to rozdíl napětí mezi kurzory, rozdíl času a převrácená hodnota, tedy frekvence.

Ve čtvrté skupině lze nastavit spouštěč (trigger). Uvádá hodnotu vstupního napětí, při níž se průběh vykreslí. Tato hodnota se nastavuje v poli úrovně. Dále lze nastavit, zda se má spouštět při náběžné či sestupné hraně a zda prvního nebo druhého kanálu. Jelikož osciloskop může být rozšířen o více kanálů z dalších počítačů v síti, je nutné určit, které zařízení chceme nastavovat. K tomuto slouží nabídka „Nastavované zařízení“. Zde si uživatel vybere buď jedno konkrétní zařízení, jehož zobrazení bude výše umístěnými prvky nastavovat, nebo si vybere možnost nastavovat všechny zařízení najednou zvolením položky „všechna“, jak je uvedeno na obrázku 3.3. Toto velmi usnadňuje práci s více kanály. Například napěťové a časové měřítko je většinou výhodné nastavit najednou pro všechna zařízení stejně, ale poté zobrazení každého zařízení pro přehlednost posunout do jiné výšky.



3.3 Ovládání osciloskopu

Původní aplikace také musela být upravena tak, aby byla schopná zobrazit signály z více než jednoho záznamového zařízení. Veškeré proměnné, které jsou použity pro zobrazení jednoho kanálu, byly uspořádány do struktury, z které bylo vytvořeno pole o deseti prvcích, lze tedy najednou zobrazit signál až z deseti zařízení. Kromě samotného bufferu, ve kterém se ukládají poslední tři sekundy signálu, šlo dále o nastavení parametrů zobrazení, jako jsou napětí na dílek, čas na dílek, offset X, offset Y, nastavení triggeru a spoustu dalších řídicích a stavových proměnných. Úpravou prošel i algoritmus práce s hlavním bufferem. Původně se nově nahraná data umísťovala vždy na začátek a zbytek dat se v paměti posouval. Původní algoritmus umožňoval jednoduché zpracování dat pro zobrazení a zpracování, ale byl výkonově náročný. Pro původní aplikaci byl postačující, ale pro práci s více zařízeními připojenými přes síť už nevyhovoval. Po úpravě nově nahraná data přepisují ty nejstarší a v paměti se už neposouvá velký objem dat. Tato úprava ušetřila značné množství výpočetního výkonu na úkor větší složitosti algoritmu následného zpracování a zobrazení dat.

3.1.2 Generátor funkcí

Toto byla původně jednoduchá záložka vytvořená především pro odladování osciloskopu. Umožňovala generování pouze sinusového a obdélníkového průběhu.

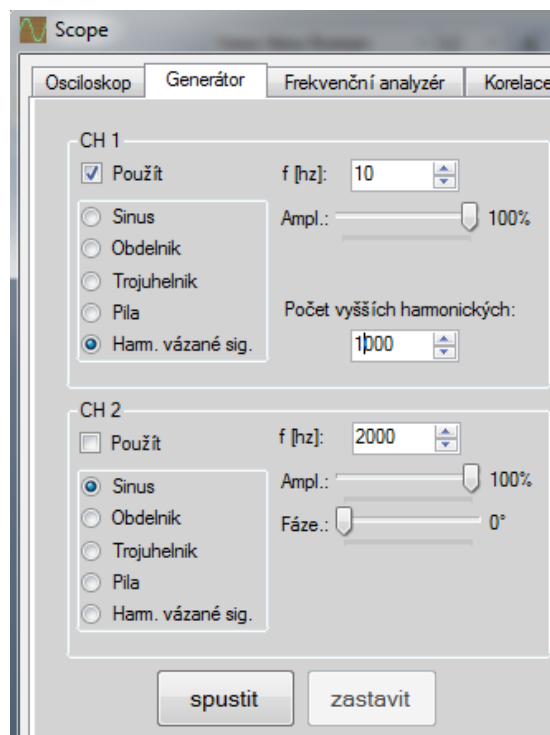
Nyní umožňuje dále generování trojúhelníkového průběhu, pilového průběhu a součtu harmonicky vázaných signálů. Součet harmonicky vázaných signálů je dán vztahem (1), kde f je základní frekvence a N počet vyšších harmonických. Tohoto signálu lze využít při měření frekvenčních charakteristik.

Generovanou frekvenci je možné nastavit od 1 Hz do 20 kHz a její amplitudu v relativním rozsahu 0 do 100 %. Samozřejmostí je možnost nastavení fázového posunu mezi jednotlivými kanály.

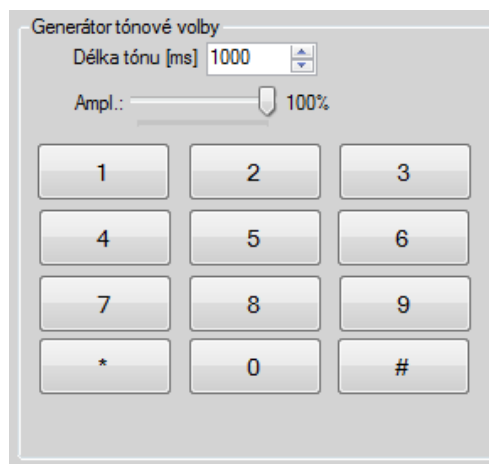
$$y(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \cos(2 \cdot \pi \cdot f \cdot i \cdot t) \quad (1)$$

Po nastavení požadovaných parametrů generovaných signálů se generátor spustí stisknutím tlačítka „spustit“. Ukončení generování signálu se provede stisknutím tlačítka „zastavit“. Při nastavení maximální hlasitosti v operačním systému a ponechání maximální amplitudy bylo na výstupu zvukové karty naměřeno napětí o velikosti 4 V_{PP}.

Pro budoucí využití při výuce zpracování signálů byl vytvořen generátor tónové volby. Při stisku tlačítka ciferníku se přehraje tón složený ze dvou harmonických průběhů o daných frekvencích a nastavené



3.4 Generátor funkcí

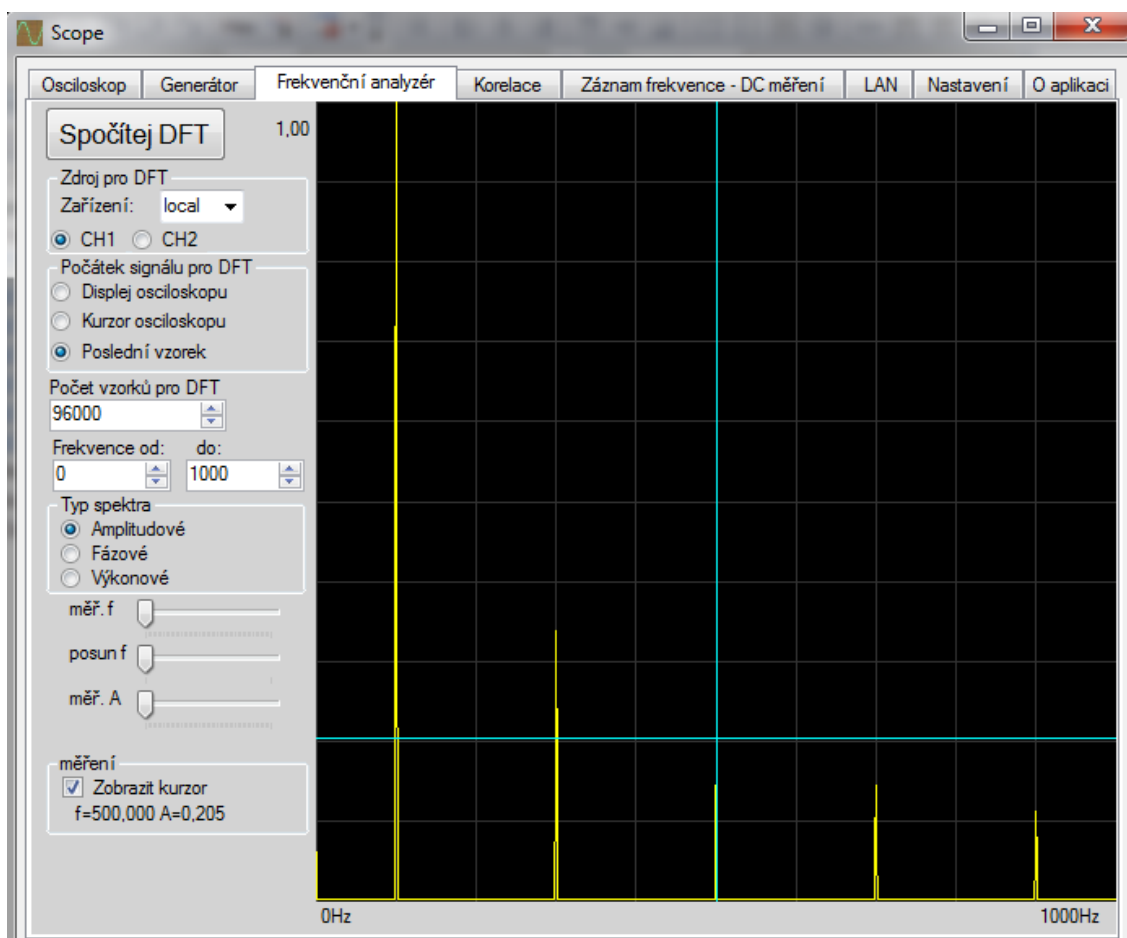


3.5 Generátor DTMF

délce. Frekvence jsou dány DTMF, což je zkratka pro duální tónovou volbu používanou v telekomunikacích.

3.1.3 Frekvenční analyzátor

Tato záložka slouží pro výpočet frekvenčního spektra ze signálu zaznamenaného osciloskopem. Na obrázku 3.6 je zobrazen výsledný frekvenční analyzátor s výpočtem spektra signálu obdélníkového průběhu o frekvenci 1 kHz.



Obrázek 3.6: Frekvenční analyzátor

V pravé straně této záložky je podobný displej jako v záložce osciloskopu. Na tomto displeji je ale možné zobrazit zaznamenaný signál ve frekvenční oblasti. Pro výpočet frekvenčního spektra je použit algoritmus diskrétní Fourierovy transformace. Uživatel má možnost zadat, z kolika vzorků se má transformace počítat. Počet vzorků pro transformaci také odpovídá počtu komplexních koeficientů pro jednotlivé frekvence. Z komplexních koeficientů se počítá pouze první polovina pro frekvence od

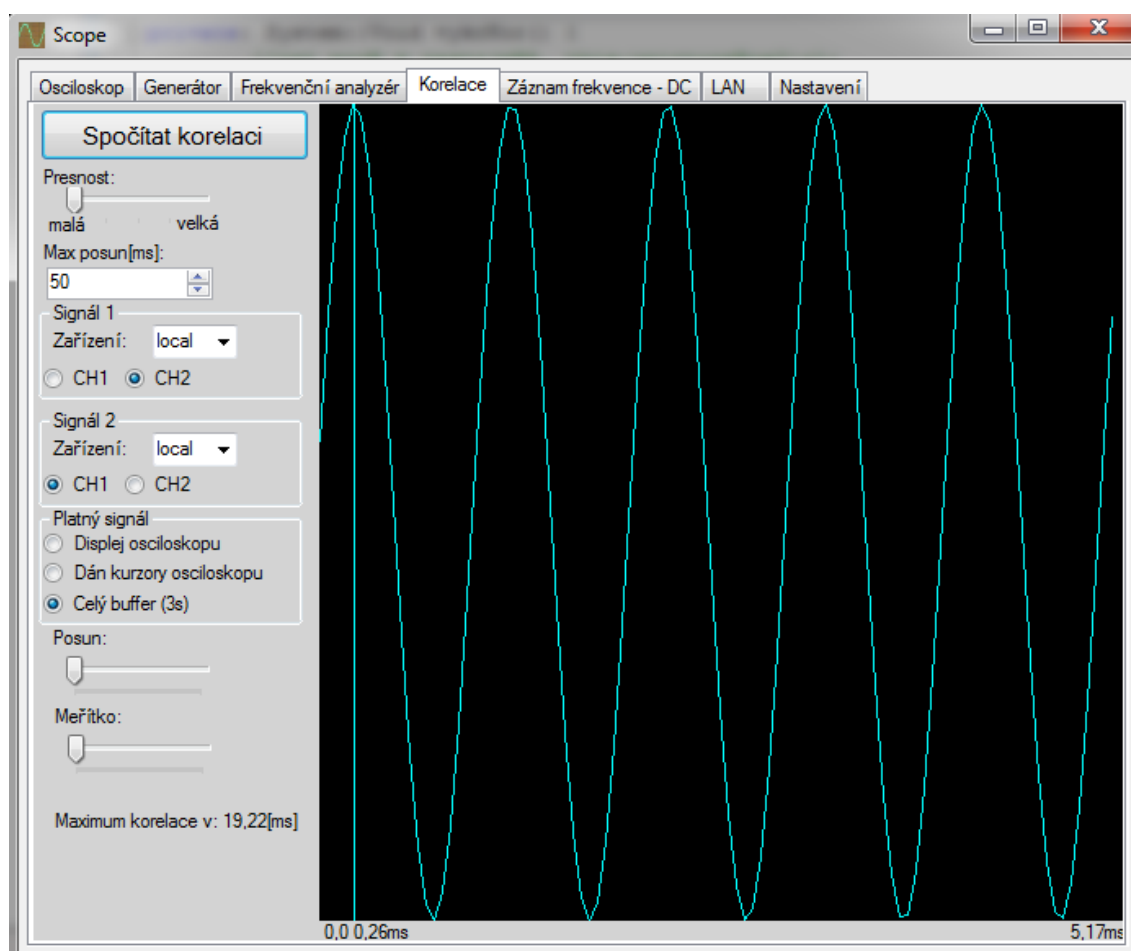
nuly do poloviny vzorkovací frekvence. Druhá polovina koeficientů je komplexně sdružená s koeficienty z první poloviny spektra, tudíž je není potřeba počítat. Komplexní koeficienty jsou počítány podle vztahu (2).

$$X[k] = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \exp(-j2\pi nk/N) \quad (2)$$

Je nutné zadat, z kterého kanálu se bude frekvenční analýza počítat. Dalším zadávaným parametrem je počátek signálu pro frekvenční analýzu, aby bylo dané, ze které části zaznamenaného signálu se má spektrum počítat. Zde je možné vybrat buď displej osciloskopu, kurzor osciloskopu nebo poslední vzorek. Zobrazit je možné amplitudové, výkonové nebo fázové spektrum. Výpočet z velkého počtu vzorků je časově náročný. Proto ho nebylo možné provádět v reálném čase, ale pouze jednorázově ze zaznamenaného signálu. Například výpočet z 10 000 vzorků a tedy pro 5000 frekvencí první poloviny spektra trvá přibližně 10 sekund. Pro zrychlení výpočtu je zde možné zvolit rozsah zkoumaných frekvencí. Poté se počítají pouze koeficienty náležící zvolenému frekvenčnímu rozsahu a ostatní se vynechají.

3.1.4 Korelace

Na následujícím obrázku je zobrazená výsledná záložka pro výpočet korelace. Na displeji je výsledek korelace pravého a levého kanálu. Oba signály měly harmonický průběh. Druhý byl o 90 stupňů zpožděný.



3.7 Výpočet korelace

Výpočet korelace se provádí podle vztahu (3). Korelované signály jsou x_1 a x_2 . Posun signálů je k .

$$R[k] = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-k-1} x_1[n] \cdot x_2[n+k] \quad (3)$$

Jelikož výpočet korelace je časově náročný, lze kromě maximálního posunu signálů nastavit i přesnost korelace. Při nastavení maximální přesnosti, se výpočet provádí pro každé x a n . Při nastavení nižší přesnosti se indexy x a n inkrementují o větší hodnotu než jedna, čímž se výrazně zkrátí délka výpočtu. Pro výpočet

autokorelace stačí nastavit oba signály vstupující do výpočtu totožný zdroj, například oba první kanál.

3.1.5 Záznam frekvence – DC měření

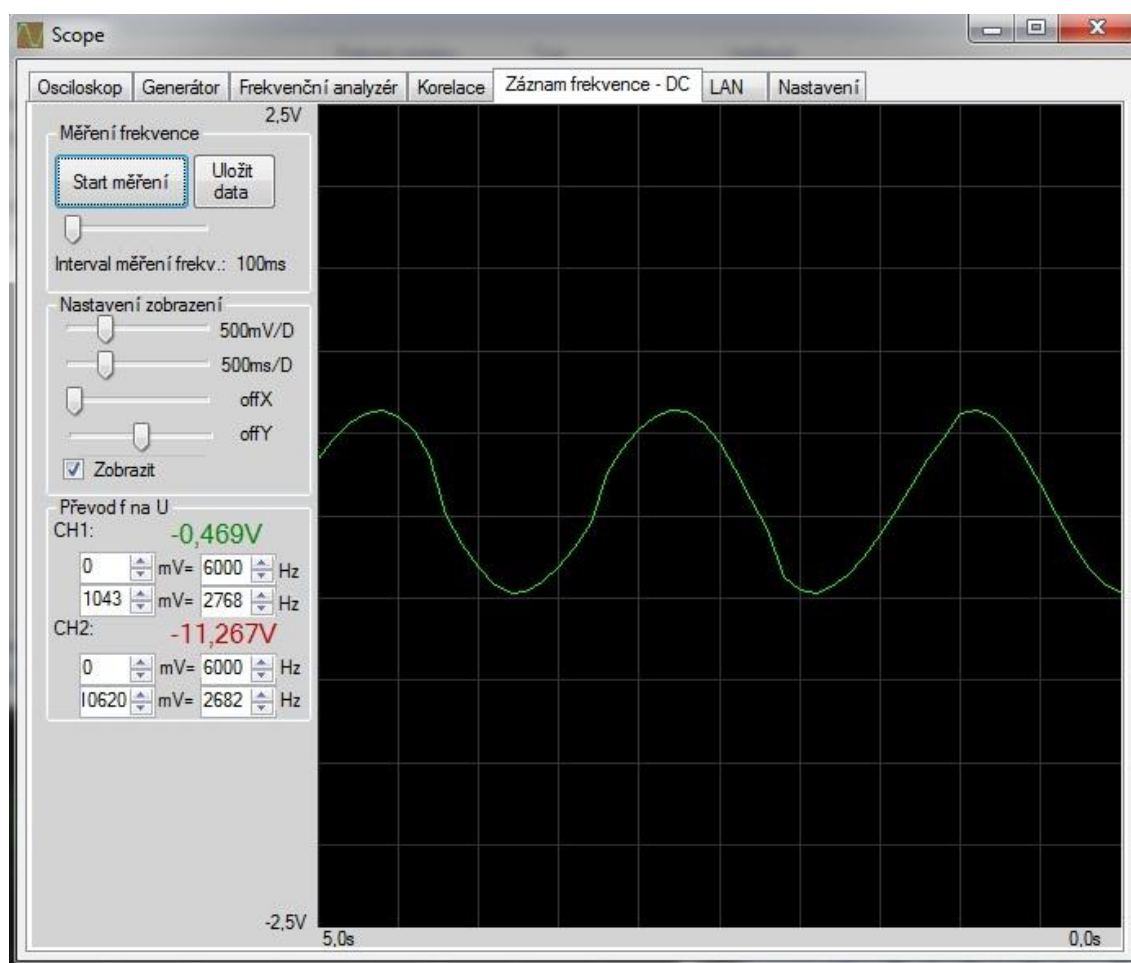
Vstup zvukové karty je připojen přes oddělovací kondenzátor. To znamená, že stejnosměrné signály nejsou nepropuštěny vůbec a signály o frekvenci pod 2 Hz jsou zkreslené. Možností, jak toto omezení obejít, je převést měřené stejnosměrné napětí na frekvenci a až poté přivést na vstup zvukové karty. Ze signálu vstupujícího do zvukové karty spočítat frekvenci a zobrazit ji opět jako původní měřené napětí. K převodu ze stejnosměrného napětí na frekvenci poslouží přípravek, který je popsán v kapitole 3.3.1. V této kapitole bude popsána softwarová funkce převodu frekvence na napětí a jeho zobrazení.

Pro jednoduchý a rychlý výpočet frekvence bylo použito počítání průchodů signálu nulou. Uživatel má možnost nastavit, jak často se má vstupní frekvence změřit a to od 100 ms do 60 s. Frekvence je měřena tak, že se spočítá počet průchodů signálu nulou nahoru, neboli počet period, mezi jednotlivými okamžiky měření. Mimo počtu průchodů nulou se také zaznamená, kolik je vzorků mezi prvním a posledním průchodem nulou, což po vydělení vzorkovací frekvencí a počtem průchodů nulou odpovídá periodě signálu. Frekvence signálu je převrácená hodnota vypočítané periody. Jak je výše popsáno, tak se frekvence signálu nepočítá pouze z jedné periody, ale z průměru všech period mezi jednotlivými okamžiky měření. Tím je dáno, že čím je interval mezi měřeními delší, tím je výpočet frekvence přesnější. Pokud jeden výpočet frekvence nazveme jedním vzorkem, tak si uživatel nastavením četnosti výpočtu frekvence vlastně volí kompromis mezi velkou vzorkovací frekvencí a nižší přesností nebo malou vzorkovací frekvencí a větší přesností.

Tímto vlastně vznikne osciloskop, který má velmi malou vzorkovací frekvenci, je tedy schopný měřit střídavé signály o frekvenci maximálně jednotek hertzů, ale naopak od osciloskopu bez převodníku je schopný měřit i stejnosměrná napětí.

Pro převod měřené vstupní frekvence na zobrazované napětí je nutné nastavit převodní charakteristiku U/f převodníku, u které se předpokládá lineární průběh. To se provede zadáním dvou bodů charakteristiky. Například zadáním, jaká frekvence odpovídá napětí 0 V a jaká napětí 1 V.

Pro zobrazení zaznamenaného průběhu měřeného napětí má uživatel možnost si zvolit z široké nabídky rozsahů a to od 100 ms do 1 hodiny na dílek v časové ose a od 100 mV do 50 V na dílek v napěťové ose. Ze zvoleného časového měřítka je patrné, že osciloskopem mohou být zaznamenávány i velmi dlouhé děje. Zaznamenaná data je možné uložit do souboru pro případné další zpracování v jiném softwaru. Poslední změřené napětí je nejen zakresleno do zobrazovaného průběhu, ale také přehledně zobrazeno v postranním ovládacím panelu, jak je vidět na následujícím obrázku.



3.8 Měření stejnosměrných signálů

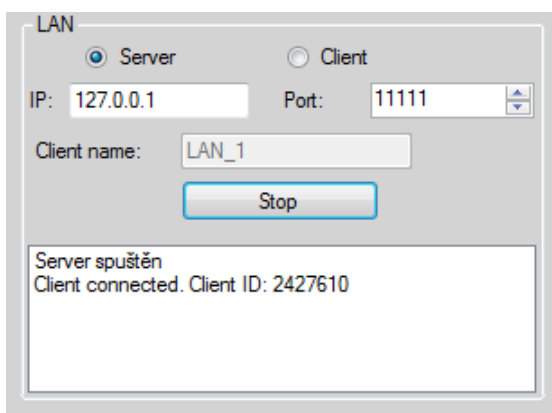
Na obrázku 3.8 je zobrazeno měření signálu z laboratorního funkčního generátoru o frekvenci 0,5 Hz přivedeného na vstup zvukové karty přes přípravek s U/f převodníkem. Frekvence od 2 Hz do 0,5 Hz jsou pro vytvořený osciloskop nejproblématictější. S U/f převodníkem lze poměrně přesně určit absolutní hodnotu měřeného napětí, ale průběh je vlivem nízké vzorkovací frekvence velmi zkreslený,

jak je znázorněno na obrázku 3.8. Bez převodníku je naopak vlivem vstupní kapacity zvukové karty nemožné určit velikost vstupního napětí.

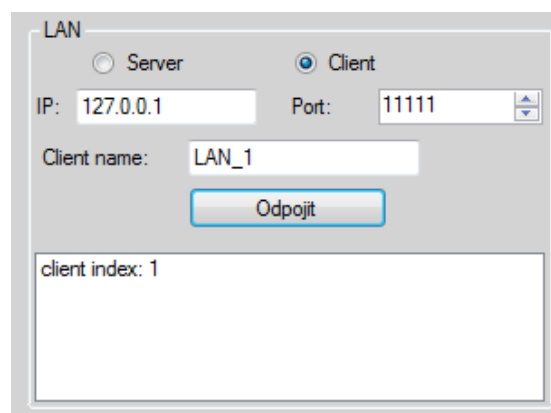
3.1.6 LAN – propojení více aplikací

Síťová komunikace mezi aplikacemi spuštěnými na více počítačích byla vytvořena pro dosažení většího počtu kanálů. Zvukové karty jsou zkonstruovány tak, že není možné v jednu chvíli nahrávat z více vstupů. To znamená, že lze nahrávat např. buď z linkového vstupu, nebo vstupu pro mikrofon. Nikoli z obou dvou současně. Z toho plyne, že s každou zvukovou kartou máme k dispozici dva měřicí kanály. Jediným způsobem, jak počet kanálů zvětšit, je použít více zvukových karet. Jednou možností je mít více zvukových karet v jednom počítači, což není příliš běžné. Dalším a zde vytvořeným řešením je využití více počítačů zapojených do sítě.

Pro měření na více než dvou kanálech se v aplikaci, která bude všechny kanály zobrazovat, nastaví, aby se chovala jako server. Nastaví se jeho IP adresa, port a server se spustí. Úspěšné spuštění serveru je ohlášeno přidáním textu „Server spuštěn“ do



3.10 Síťová komunikace osciloskopu - server



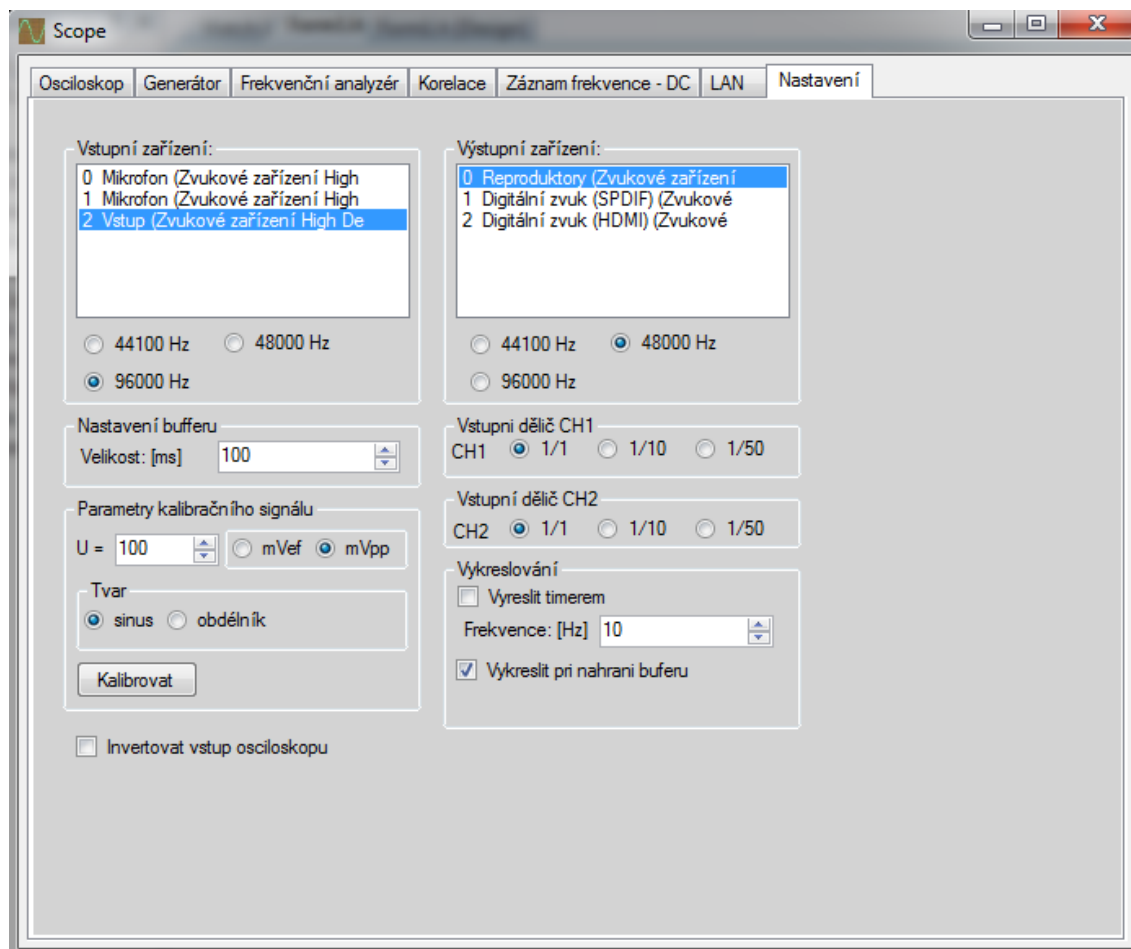
3.9 Síťová komunikace osciloskopu - klient

informačního pole. Na ostatních počítačích se v aplikaci nastaví, aby se chovaly jako klient, zadá se IP adresa a port serveru a připojí se k němu. Také je vhodné zadat každému klientovi jiné jméno, aby bylo v serverové aplikaci jasné, který je který. Při úspěšném připojení klienta k serveru je do textového pole přidána informace o indexu, který byl klientu serverem přiřazen. Při spuštění měření v serverové aplikaci se spustí měření i na všech klientských aplikacích. Klientské aplikace se chovají stejně, jako když k serveru připojené nejsou. Pouze jsou zaznamenána data odeslána serveru. V aplikaci, která je nastavena jako server, jsou zobrazovány průběhy signálů jak

z místního počítače, tak ze všech připojených. Počet připojených počítačů je omezen na devět. Tímto způsobem tedy můžeme zvýšit počet kanálů až na dvacet.

3.1.7 Nastavení osciloskopu

V této záložce je uživateli umožněno nastavit několik parametrů osciloskopu případně generátoru. Záložka nastavení je zobrazena na následujícím obrázku.



Obrázek 3.11: Nastavení

Můžeme zde nastavit, které vstupní zařízení má být použito pro osciloskop a které výstupní zařízení pro generátor. Dále je možné nastavit vzorkovací frekvenci těchto zařízení a to buď na 44,1kHz, 48 kHz nebo 96 kHz.

Další položkou v této záložce jsou parametry kalibračního signálu. Zde lze nastavit, jakým signálem osciloskop kalibrujeme. Zadává se jeho velikost v mV, zda je uvedená hodnota napětí efektivní nebo napětí špička-špička a zda je průběh kalibračního napětí harmonický nebo obdélkový. Po nastavení parametrů kalibračního

napětí stačí stisknout tlačítko kalibrovat, čímž se nastaví napěťové měřítko osciloskopu na správnou hodnotu. Detailní popis kalibrace je v následující samostatné kapitole.

Jelikož pro praktické využití rozsah napětí vstupu zvukové karty nestačí, byl vytvořen jednoduchý předřadný dělič. Proto je zde ještě pro správné zobrazení měřeného napětí možné nastavit dělicí poměr předřazeného děliče.

V průběhu testování osciloskopu bylo zjištěno, že u některých zvukových karet je vstupní signál převrácen. Z tohoto důvodu byla do záložky nastavení přidána možnost invertování vstupního signálu.

3.2 Kalibrování osciloskopu

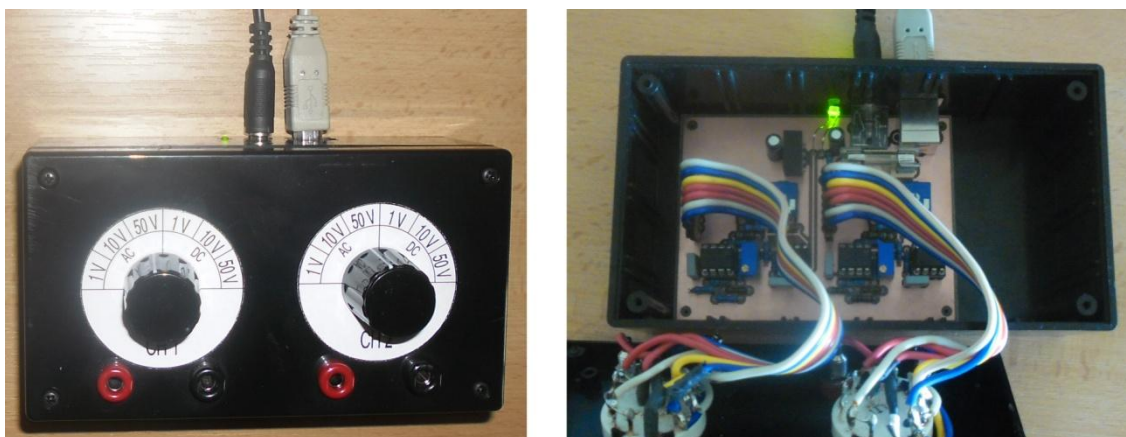
Vstupní rozsahy napětí se u různých zvukových karet mohou lišit. To znamená, že z číselných hodnot získaných ze zvukové karty nelze přesně určit, jakému odpovídají vstupnímu napětí. Na velikost získaného signálu má vliv i nastavení úrovně v mixéru zvuků v operačním systému. Z těchto hlavních důvodů byla vytvořena funkce pro kalibraci vstupního napětí. Kalibrace je zde provedena následujícím způsobem. Při kalibraci musí být osciloskop spuštěn. Uživatel na vstup zvukové karty přivede periodický, nejlépe harmonický signál známe amplitudy. Je dobré si vstupní signál zobrazit a zkontrolovat, zda není ořezán, což by znamenalo, že je na vstup přiveden větší signál, než jaký je vstupní rozsah karty. Poté se v záložce nastavení nastaví parametry kalibračního signálu a stiskne tlačítko kalibrovat. Software si sám změří velikost vstupního napětí a přiřadí ji zadanou hodnotu napětí. Od této chvíle osciloskop signál zobrazuje v reálné velikosti.

3.3 Měřicí přípravek se vstupním děličem a U/f převodníkem

3.3.1 Popis měřícího přípravku

Předřadný měřicí přípravek je vytvořen pro dva kanály. Obsahuje dvě zdířky pro měřicí kabely a přepínač pro každý kanál. Přepínače mají šest poloh. První tři jsou určeny pro tři rozsahy střídavých signálů a přepínají mezi pasivními děliči napětí s impedančním oddělením. Další tři polohy jsou určeny pro měření stejnosměrných nebo pomalu se měnících signálů a kromě jednoduchého děliče zařazují před vstup zvukové karty převodník napětí na frekvenci. Výstup přípravku je vyveden na stereo

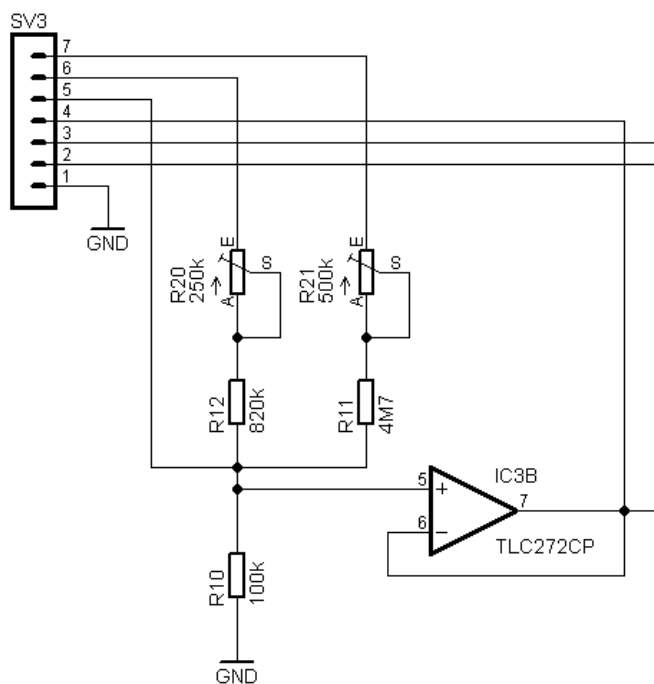
konektor jack 3,5 mm. V textu jsou pro orientaci uvedeny výřezy jednotlivých částí obvodu ze schématu. Kompletní schéma zapojení přípravku je uvedeno v příloze.



Obrázek 3.12: Měřicí přípravek

3.3.2 Pasivní děliče s impedančním oddělením

Pro měření větších signálů než je vstupní rozsah zvukové karty, což je signál o úrovni 0 dB, tedy $0,775 V_{RMS}$, je použit pasivní dělič vstupního napětí. Vstupní odpor jednotlivých zvukových karet se může lišit a je poměrně malý. Pohybuje se v řádu desítek kiloohmů. Liší se i vstupní odpor linkového vstupu a vstupu pro mikrofon. Z tohoto důvodu je výstup z děliče ke vstupu zvukové karty připojen přes operační zesilovač v zapojení sledovače



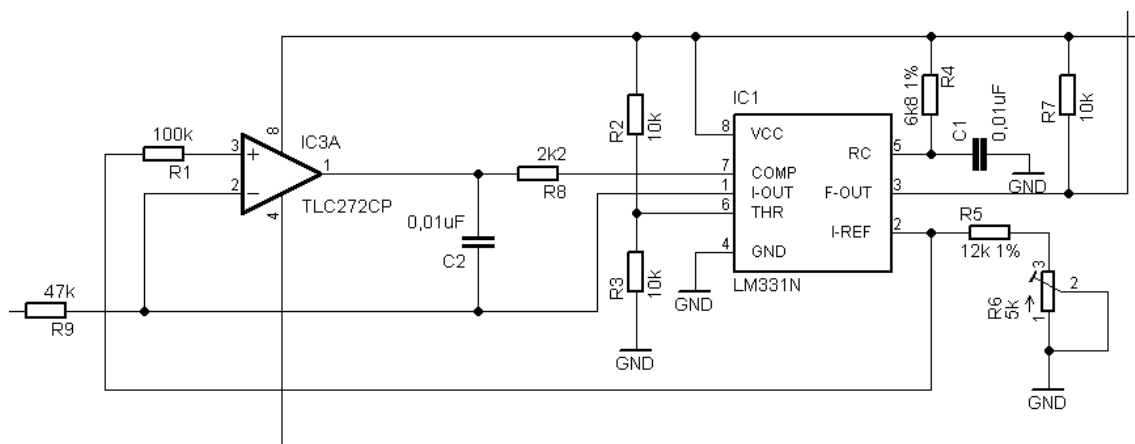
3.13 Dělič napětí

napětí. To zajišťuje impedanční oddělení. Zapojení přípravku je uvedeno na níže uvedeném schématu. Rozsahy vstupního napětí byly zvoleny následovně. V první poloze přepínače je velikost napětí ponechána a přípravek vykazuje vstupní odpor $100 k\Omega$, tento rozsah je označen jako 1 V a je vhodný zejména pro měření audiotechniky. Ve druhé poloze přepínače je rozsah označen jako 10 V. Dělič je navržen tak, aby měl dělicí poměr 1/10. Má vstupní odpor 1 M Ω . Ve třetí poloze přepínače je rozsah 50 V.

3.3.3 Konstrukce U/f převodníku

Jak už bylo výše zmíněno, vstup zvukové karty obsahuje oddělovací kapacitu, která znemožňuje měření signálů o velmi nízké frekvenci v řádu jednotek hertzů. Výroba převodníku vychází z požadavku na měření stejnosměrných a pomalu se měnících signálů.

Pro převod napětí na frekvenci byl použit integrovaný obvod LM331N. Jeho doporučené zapojení pro přesný převodník s externím integrátorem bylo mírně upraveno. Upraveno bylo tak, aby se vstupní rozsah převáděného napětí změnil z původních 0 V až -5 V na 1 V až -1 V. V doporučeném zapojení je při nulovém vstupním napětí nulová výstupní frekvence a při rostoucím záporném vstupním napětí výstupní frekvence roste. Změna tedy byla následující. Neinvertující vstup integrátoru byl místo na zem připojen na referenční výstup 1,9 V z obvodu LM331N. Potom je výstupní frekvence nulová při vstupním napětí 1,9 V a při klesajícím vstupním napětí roste. To znamená, že při vstupním rozsahu napětí 1 V až -1 V výstupní frekvence nikdy nebude nulová, což je pro toto využití výhodné. Velmi nízké frekvence by měřicí aplikaci velice komplikovaly její výpočet pomocí počtu průchodů nulou.



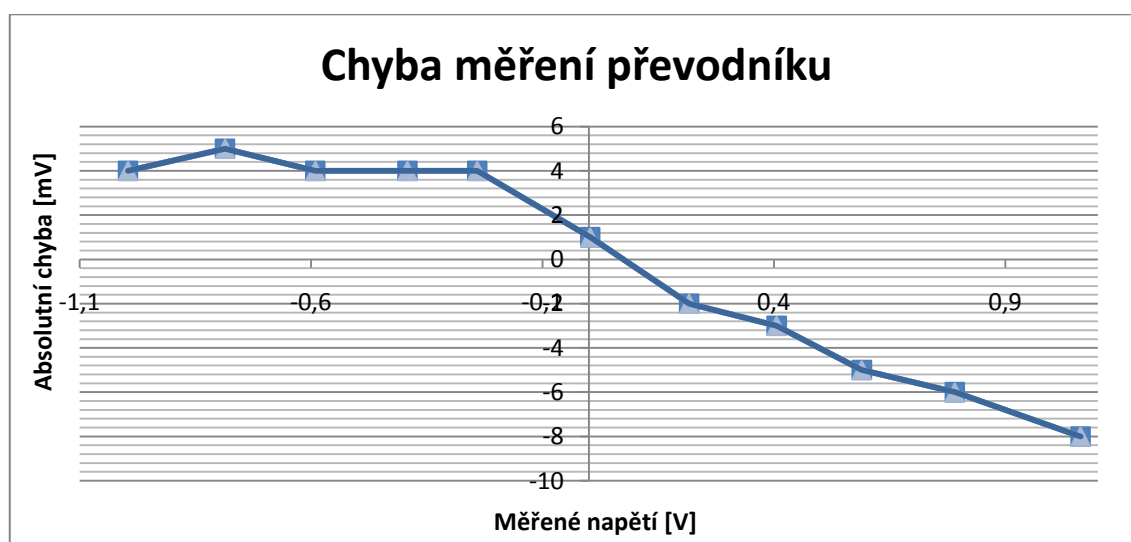
3.14 U/f převodník s externím integrátorem

3.3.4 Měření přesnosti převodníku

Měření bylo provedeno pouze pro rozsah 1 V. Pro měření byl použit laboratorní zdroj Metex MS – 9150, na kterém bylo nastavováno měřené napětí od -1 V do 1 V. Napětí bylo měřeno vytvořeným osciloskopem s použitým U/f převodníkem a kontrolováno přesným multimetrem Agilent U1251B. V naměřené hodnotě bude zahrnuta chyba celého měřicího řetězce. Tedy jak samotného převodníku, tak softwarového výpočtu frekvence. V následující tabulce jsou naměřené hodnoty ve V.

| | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Agilent [V] | -0,996 | -0,786 | -0,591 | -0,392 | -0,241 | 0,003 | 0,217 | 0,406 | 0,59 | 0,791 | 1,063 |
| Scope [V] | -1 | -0,791 | -0,595 | -0,396 | -0,245 | 0,002 | 0,219 | 0,409 | 0,595 | 0,797 | 1,071 |
| Rozdíl [mV] | 4 | 5 | 2 | 5 | 4 | 3 | -2 | -3 | -5 | -6 | -8 |

3.15 Měření chyby převodníku



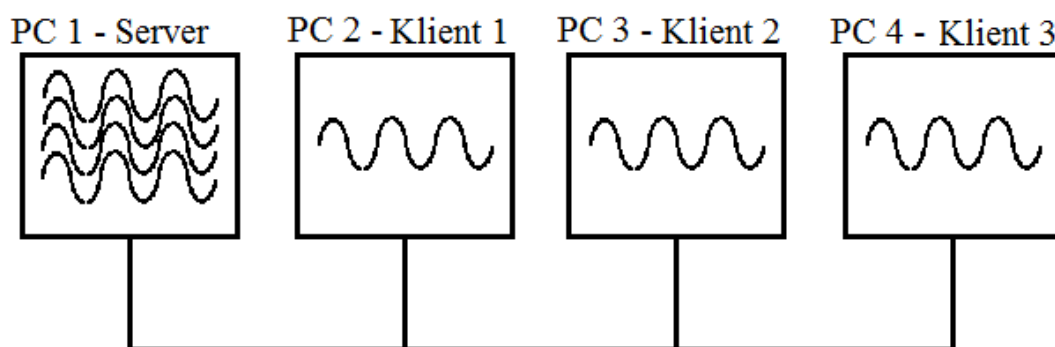
3.16 Měření chyby převodníku

Největší naměřená odchylka od přesného voltmetru byla 5 mV při měřeném napětí 0,8 V, což činí 0,625%.

4 Testování osciloskopu

4.1 Síťová komunikace

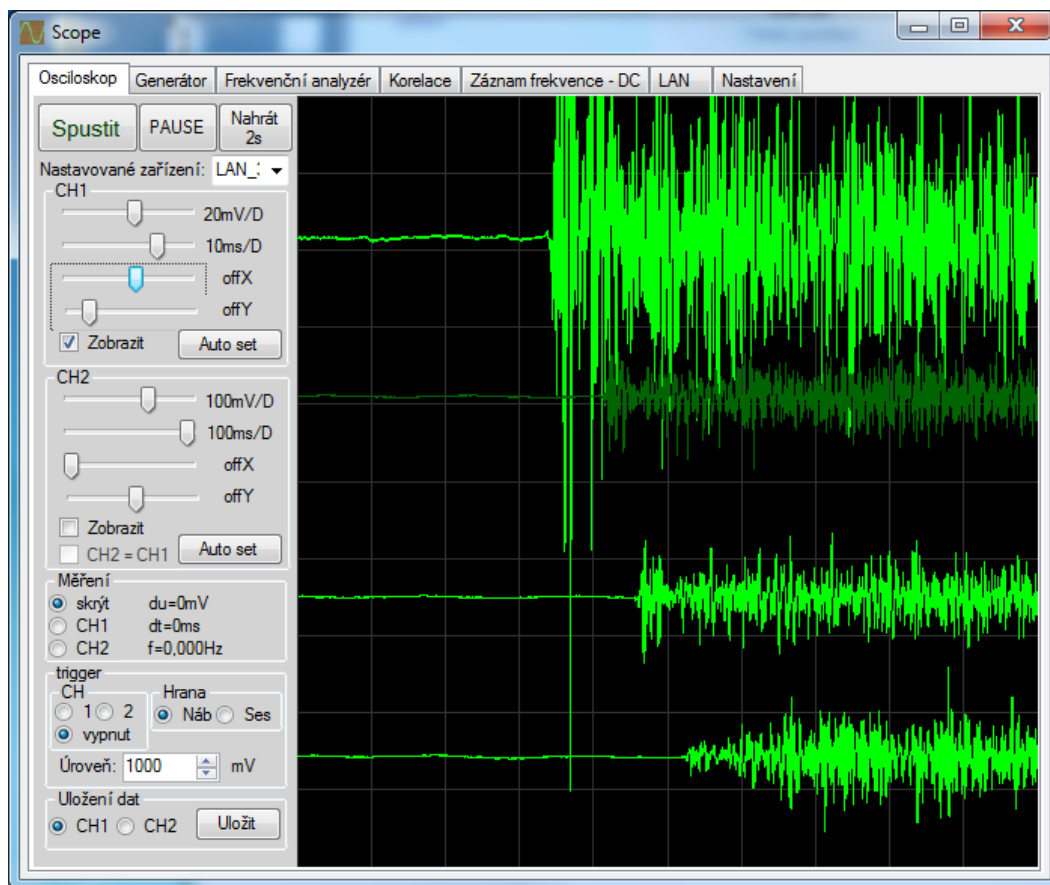
Komunikace více aplikací po síti byla odzkoušena a demonstrována na zpoždění šíření zvuku v prostoru. V počítačové učebně byla aplikace spuštěna na čtyřech počítačích umístěných v řadě za sebou. Naměřená vzdálenost mezi jednotlivými počítači byla 1,9 m. Ke každému počítači byl připojený mikrofون.



4.1 Znáornění topologie zasíťování počítačů pro získání více měřících kanálů

Na všech čtyřech počítačích byla spuštěna vytvořená aplikace. Jedna byla nastavena jako server a ostatní jako klient a byli připojeni k serveru. V blízkosti mikrofonu prvního počítače, který byl nastaven jako server, bylo tlesknuto, což představovalo krátký akustický impuls, jehož šíření prostorem bylo pozorováno. Na následujícím obrázku je zachyceno stínítko serverového osciloskopu, ke kterému byly připojeny tři další počítače. Kanály byly seřazeny tak, že ten nejvýše umístěný je signál zachycený serverovým počítačem, u kterého bylo tlesknuto. Ten nejnižší umístěný je signál zachycený nejvzdálenějším počítačem.

Změřené zpoždění akustického signálu mezi jednotlivými kanály bylo 5,7 ms, 5,5 ms a 5,9 ms, tedy průměrně 5,7 ms. Rychlost zvuku vypočítaná ze vzdálenosti mezi mikrofony a časového zpoždění je 333 m/s. V tabulkách je rychlost zvuku při teplotě vzduchu 20°C a relativní vlhkosti vzduchu 50% udávána 343 m/s.



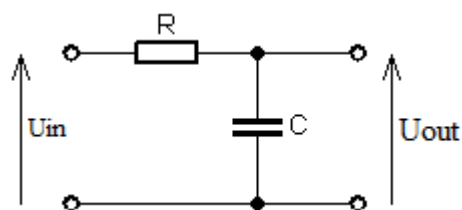
4.2 Měření zpoždění zvuku

Naměřená odchylka od teoretické hodnoty je s největší pravděpodobností způsobena tím, že všechny počítače nespustili nahrávání zvuku ve stejný okamžik. Jak už bylo zmíněno, nahrávání se spustí na žádost serverové aplikace rozeslané po síti všem klientům. Pro dosažení lepší přesnosti a eliminaci rozdílného okamžiku spuštění nahrávání by bylo nutné všechny kanály synchronizovat nejlépe přímo elektrickým impulzem. Synchronizaci by bylo nejspíš nutné po určitém časovém úseku opakovat, protože vzorkovací frekvence jednotlivých zvukových karet nebudou úplně stejné. Výše zmíněný koncept synchronizace by bylo velmi komplikované zrealizovat. Proto je pro přesné měření časového posunu mezi kanály vhodné využít dva kanály jedné zvukové karty. Časové posuny mezi kanály počítačů propojených pomocí sítě jsou zatíženy chybou závislou na síťovém připojení.

4.2 Měření frekvenční charakteristiky

Měření frekvenční charakteristiky dvojbranu bývá častou úlohou v kurzech elektroniky ať už na středních nebo vysokých školách. Jedním způsobem je přenos měřit postupně. Na vstup přivádět signály o různé frekvenci a známé amplitudě a měřit amplitudu signálu výstupního. Z těchto naměřených hodnot poté vykreslit závislost poměru výstupního ku vstupnímu napětí na frekvenci. Druhou a pohodlnější variantou je na vstup dvojbranu přivést signál složený z mnoha frekvencí o stejné amplitudě a poté udělat frekvenční analýzu výstupního signálu.

Pro ukázkou, jak s vytvořenou aplikací jednoduše změřit frekvenční charakteristiku, byl vybrán integrační RC článek, který se chová jako dolní propust. Hodnota kapacitoru byla zvolena 100 nF a hodnota rezistoru 3,3 kΩ. Mezní kmitočet, kdy přenos poklesne o tři decibely, lze spočítat podle vztahu (4) a vychází na 482,3 Hz.



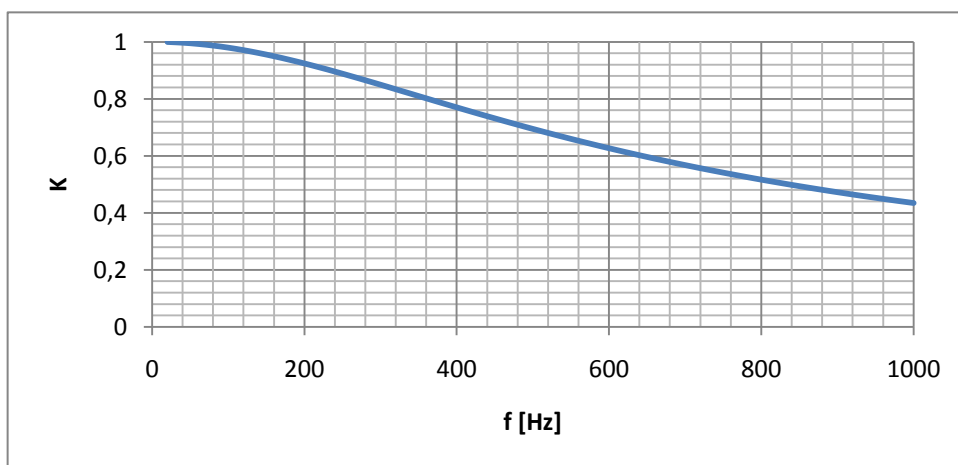
4.3 Integrační RC článek

$$f_c = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C} \quad (4)$$

Přenos byl zkoumán na frekvencích od nuly do 1 kHz. Teoretický přenos lze spočítat podle vztahu (5).

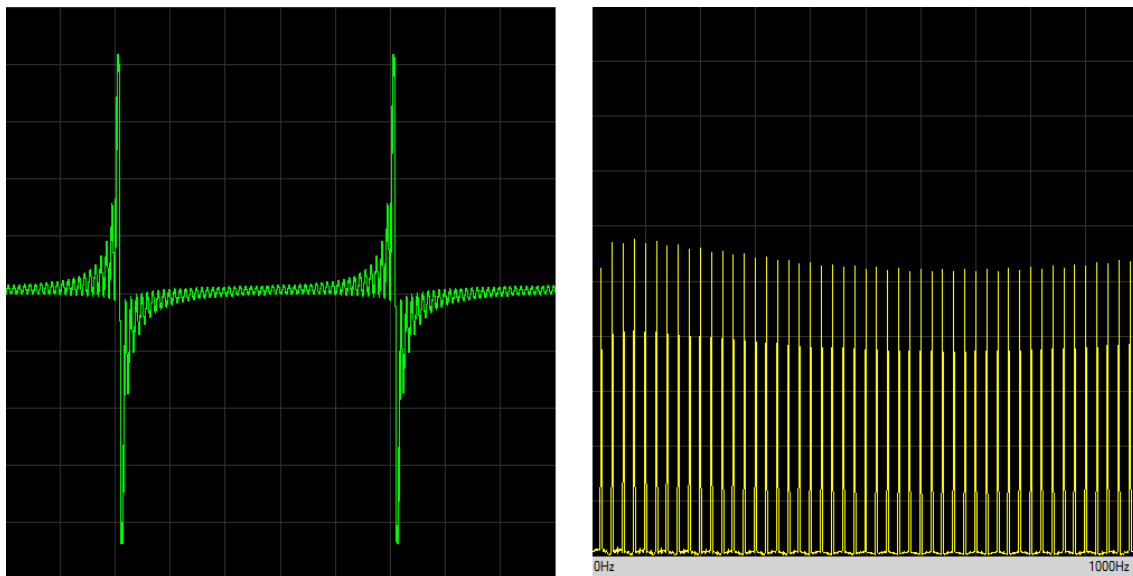
$$K = \frac{U_{OUT}}{U_{IN}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\omega^2}{\omega_c^2}}} \quad (5)$$

Podle tohoto vztahu byl vytvořen průběh zobrazený na následujícím grafu.



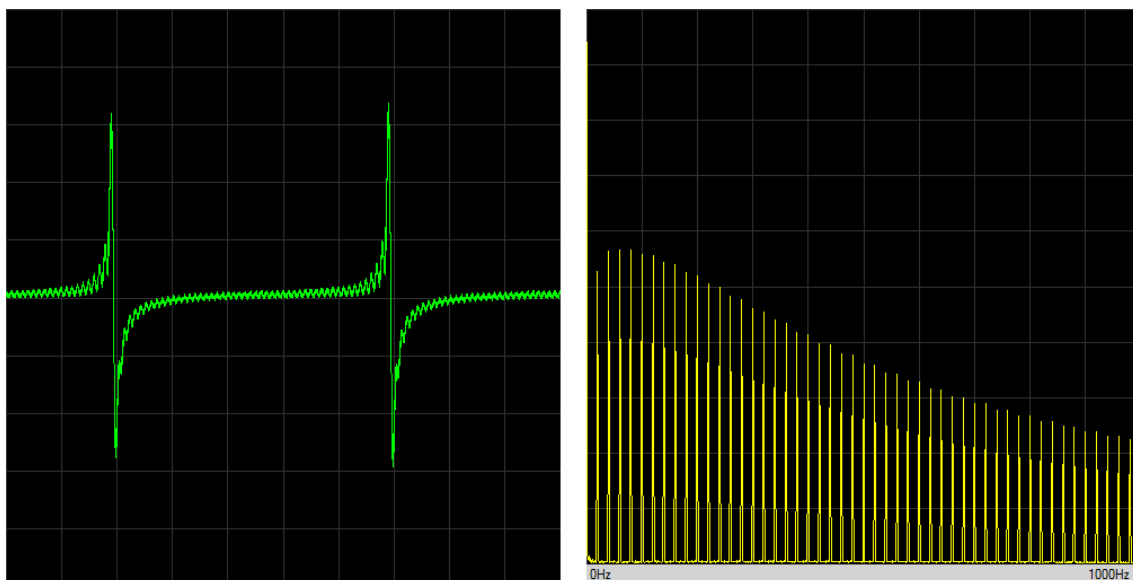
4.4 Vypočítaný přenos integračního článu

Pro měření přenosu reálného článku byl na vstup přiveden harmonicky vázaný signál. Základní frekvence signálu byla 20 Hz a obsahoval 50 vyšších harmonických frekvencí. Na následujícím obrázku je generovaný signál zachycený vytvořeným osciloskopem v časové i frekvenční oblasti.



4.5 Harmonicky vázané sinusové průběhy v časové a frekvenční oblasti (0 – 1 kHz)

Poté byl osciloskopem zaznamenán výstupní signál a z něj spočítáno frekvenční spektrum. Výstupní signál je opět na následujícím obrázku v časové i ve frekvenční oblasti.

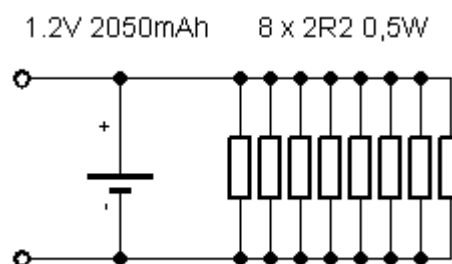


4.6 Filtrované harmonicky vázané sinusové průběhy v časové a frekvenční oblasti (0 – 1 kHz)

Spektrum výstupního signálu zaznamenané vytvořeným osciloskopem odpovídá teoreticky vypočítané frekvenční charakteristice. Na této úloze bylo ukázáno, jak pomocí vytvořené aplikace jednoduše změřit frekvenční charakteristiku dvojbranu. Také byla ověřena správná funkčnost generátoru vázaných harmonických signálů a frekvenčního analyzáru.

4.3 Měření vybíjení akumulátoru

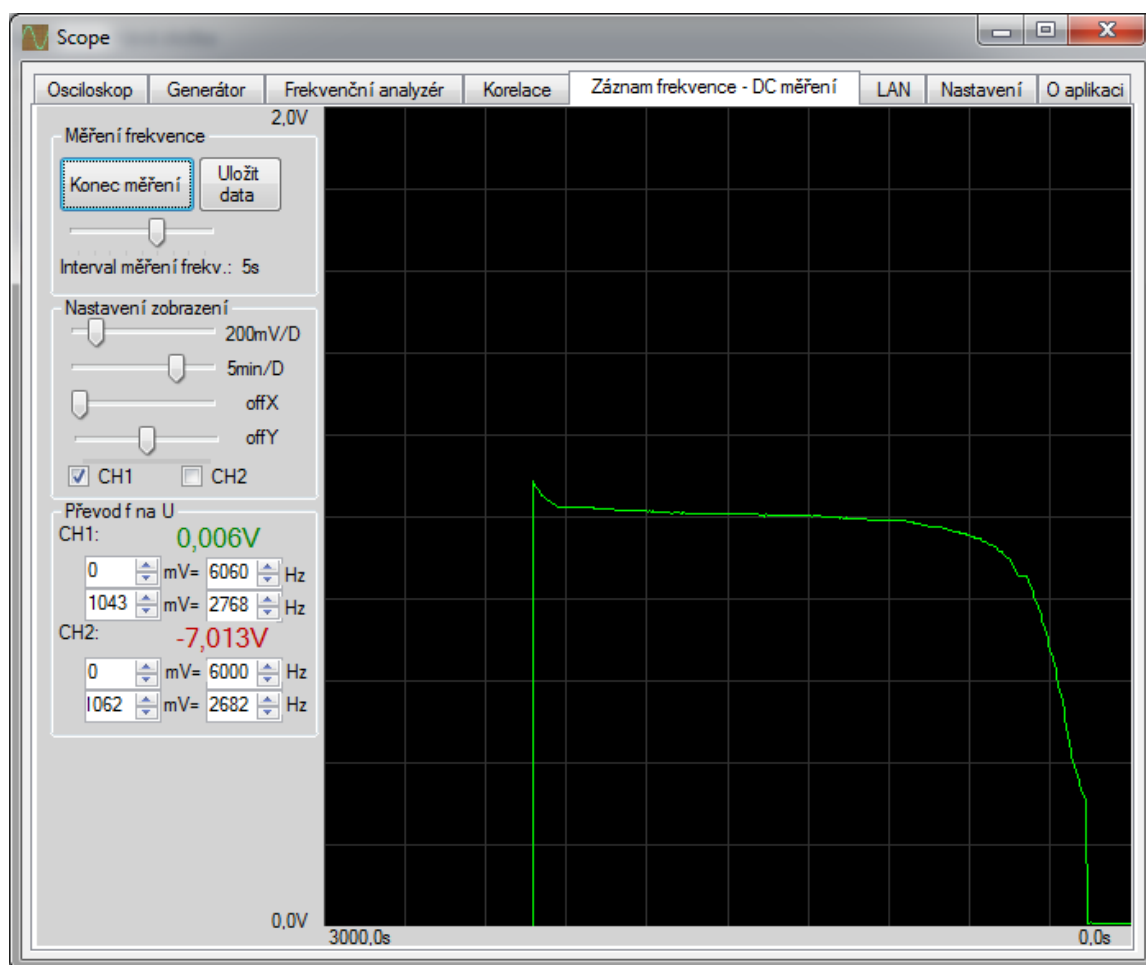
Cílem této úlohy bylo otestovat přípravek pro měření stejnosměrného napětí a uvést příklad jeho využití. Předmětem měření byl akumulátor NiMH AA HR6 210AAHCB typ 2050 mAh, 1,2 V od výrobce GP ReCyko. Bylo měřeno napětí tohoto akumulátoru během jeho vybíjení. Měřicí obvod byl zapojen dle následujícího schématu. Zátěž byla zvolena tak, aby k vybití došlo zhruba za 30 minut. Vybíjecí proud byl určen ze vztahu (6), kde Q je kapacita akumulátoru a t požadovaný čas vybíjení.



4.7 Schéma měřeného obvodu

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{2,05}{0,5} = 4,1 \text{ A} \quad (6)$$

K dispozici byly pouze rezistory s výkonem 0,5 W. Hodnota rezistorů byla zvolena 2,2 Ω , kde výkon rezistoru při jmenovitém napětí akumulátoru vychází na $P = \frac{U^2}{R} = \frac{1,2^2}{2,2} = 0,65 \text{ W}$, což je sice nad jmenovitou hodnotou rezistoru, ale pro jedno měření to lze zanedbat. Teoretický proud jedním rezistorem bude $I = \frac{U}{R} = \frac{1,2}{2,2} = 0,54 \text{ A}$, proto jich bylo paralelně zařazeno osm, aby byl výsledný proud zhruba požadované 4 A. Osciloskop byl nastaven tak, aby bylo napětí akumulátoru změřeno každých 5 s. Zaznamenaný průběh je na obrázku 4.8.



4.8 Měření napětí akumulátoru

Napětí naprázdno bylo 1,3 V. Při připojení k zátěži okamžitě klesnulo na 1,08 V a během dalších dvou minut na 1,02 V. Další pokles napětí byl téměř lineární a mnohem pozvolnější. Za 20 min napětí kleslo na hodnotu 0,99 V. Poté následovalo zrychlování poklesu napětí až na hodnotu 0,3 V, kdy byl akumulátor odpojen.

Závěr

Vytvořená aplikace umožňuje zvukovou kartu využít nejen jako osciloskop, ale také jako frekvenční analyzátor nebo jako funkční generátor. Na několika úlohách bylo předvedeno možné využití osciloskopu. Přesnost měření střídavých napětí je dána počtem bitů analogově digitálního převodníku zvukové karty a také případným použitým děličem. Vstupní rozsah napětí je také dán použitým děličem, zde použitý umožňoval měřit napětí do velikosti $50 V_{\text{RMS}}$. S tímto děličem a při 16-ti bitovém převodu bylo možné měřit s přesností na 1,5 mV. Bez použití děliče se měřitelný rozsah zmenší na $1 V_{\text{RMS}}$ a přesnost zvýší na 30 μV . Frekvenční rozsah je podle očekávání malý, daný frekvencí slyšitelných zvuků. Je možné zobrazit i signály menších frekvencí, ale signály o frekvenci pod 2 Hz už jsou vlivem vstupní kapacity velmi zatíženy zkreslením. Měřit stejnosměrnou složku střídavého signálu také není možné. Co se tvaru týče, osciloskop bez problémů zobrazí harmonické signály. Se zobrazením trojúhelníkového signálu také není problém, ale strmé hrany zkresluje, což je dáno digitálním filtrem, který nepropustí signály o frekvenci přesahující 20 kHz. To způsobuje zákmity strmých hran u signálů obdélníkových či pilových tvarů.

S použitím U/f převodníku lze měřit i stejnosměrné signály případně stejnosměrnou složku střídavých signálů, což dostupné programy neumožňují. Při měření stejnosměrných signálů je přesnost dána použitým převodníkem. Zde vytvořený převodník umožňoval měřit s chybou do jednoho procenta. Použití převodníku ale znemožní měřit signály o frekvenci vyšší než 1 Hz.

I přes zmíněné nedostatky vytvořený osciloskop na spoustu aplikací jistě dobře poslouží. Zejména při amatérské konstrukci audiotechniky by se jeho nedostatky nejspíš vůbec neprojevíly.

Seznam použité literatury

- [1] *Http://www.trinstruments.cz* [online]. 2011 [cit. 2013-05-16]. Osciloskop ox 863b. Dostupné z WWW: <<http://www.trinstruments.cz/osciloskop-ox-863b>>.
- [2] Bateriové osciloskopy. *Měřicí přístroje* [online]. 2013 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://htest.cz/index.php>
- [3] Laboratorní osciloskopy. *Měřicí přístroje* [online]. 2013 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://htest.cz/index.php>
- [4] Modulární osciloskopy. *Měřicí přístroje* [online]. 2013 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://htest.cz/index.php>
- [5] *Http://www.sweex.com* [online]. 2011 [cit. 2013-05-16]. Sound cards. Dostupné z WWW: <<http://www.sweex.com/en/assortiment/sound-vision/sound-cards/SC012>>.
- [6] *Http://www.asus.as* [online]. 2011 [cit. 2013-05-16]. Zvukové karty. Dostupné z WWW: <<http://www.asus.as/asus-xonar-hdvr13-deluxe-pci-e-lowprofile-eax50-71chhdm.html>>.
- [7] HAVLÍK, Ladislav. *Osciloskopy a jejich použití*. Praha: Sdělovací technika, 2002. ISBN 80-901936-8-4.
- [8] *Http://msdn.microsoft.com* [online]. 2009 [cit. 2013-05-07]. Waveform Audio Functions. Dostupné z WWW: <<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa909811.aspx>>.

Příloha A – Přiložené CD

Přiložené CD obsahuje:

- diplomovou práci v elektronické podobě
- zdrojové soubory vytvořené aplikace
- schéma a soubory pro výrobu DPS.

Příloha B – Schéma přípravku

